SHL
WITHDRAWN

CONSEIL PERMANENT INTERNATIONAL
POUR L'EXPLORATION DE LA MER

PUBLICATIONS DE CIRCONSTANCE

N° 30-31

N° 30. ROLF J. WITTING: KURZE BESCHREIBUNG EINES ELEKTRISCH REGISTRIERENDEN STROMMESSERS. MIT TEXTFIGUREN.

N° 31. — — ETLICHES UEBER STROMMESSUNG.

EN COMMISSION CHEZ
ANDR. FRED. HØST & FILS
COPENHAGUE

NOVEMBRE 1905

Ont paru dans la même série (PUBLICATIONS DE CIRCONSTANCE):

N° 1. C. G. Joh. Petersen, How to distinguish between mature and immature Plaice throughout the Year. 8 p. 1 pl. July 1903. Kr. 1.

N° 2. Martin Knudsen, On the Standard-Water used in the hydrographical Research until July 1903. 9 p. July 1903. Kr. 0,50.

N° 3. Die Literatur der zehn wichtigsten Nutzfische der Nordsee. In monographischer Darstellung. 112 S. 10 T. August 1903. Kr. 3.

The Literature of the Ten Principal Food Fishes of the North Sea. In the form of compendious monographs. 108 p. 10 pl. August 1903. Kr. 3.

N° 4—5. Martin Knudsen, Ueber den Gebrauch von Stickstoffbestimmungen in der Hydrographie.

— — , Gefrierpunkttabelle für Meerwasser.

Zusammen 13 S. September 1903. Kr. 0,75.

N° 6. Harry M. Kyle, On a new Form of Trawl Net, designed to fish in midwater as well as on the ground. Preliminary notice. 8 p. November 1903. Kr. 0,50.

N° 7. P. J. van Breemen, Ueber das Vorkommen von *Oithona nana* Giesbr. in der Nordsee. 24 S. 1 Karte. November 1903. Kr. 1.

N° 8—9. T. Wemyss Fulton, On the Spawning of the Cod (*Gadus morrhua* L.) in Autumn in the North Sea. With a chart.

— — , A new Mark for Fish.

Together 14 p. March 1904. Kr. 1.

N° 10. G. O. Sars, On a new (Planktonic) Species of the Genus *Apherusa*. 4 p. 1 pl. March 1904. Kr. 0,50.

N° 11. Martin Knudsen, σ_t Tabelle, Anhang zu den 1901 herausgegebenen hydrographischen Tabellen. 23 S. Mai 1904. Kr. 0,75.

CONSEIL PERMANENT INTERNATIONAL
POUR L'EXPLORATION DE LA MER

PUBLICATIONS DE CIRCONSTANCE

N° 30

KURZE BESCHREIBUNG EINES ELEKTRISCH REGISTRIERENDEN STROMMESSERS

VON

ROLF J. WITTING, HELSINGFORS

MIT TEXTFIGUREN

EN COMMISSION CHEZ
ANDR. FRED. HØST & FILS
COPENHAGUE

NOVEMBRE 1905

COPENHAGUE — IMPRIMERIE BIANCO LUNO

KURZE BESCHREIBUNG EINES ELEKTRISCH REGISTRIERENDEN STROMMESSERS

VON

ROLF J. WITTING

Bei der Zusammenkunft von schwedischen und finnischen Hydrographen, die im November 1903 in Nynäs stattfand, hatte ich die Gelegenheit, Prof. O. PETTERSSON's Bifilarstrommesser kennen zu lernen. Als ich dann im Frühling 1904 einen Strommesser für die finnischen Terminfahrten konstruierte, kam das bifilare Aufhängungssystem zur Anwendung. Da möglichst grosse Einfachheit erstrebt wurde, wurden Auslösung und Schliessung des Zählwerkes durch Fallgewichte vollzogen.

Die zeitraubende Arbeitsart — das Aufholen und Niederlassen des Apparats bei jeder neuen Tiefe — war entschieden ein Uebelstand, so auch die Knappheit der erhaltenen Angaben. Da die Zeit eine Wiederholung der Observationen nur selten gestattete, konnten nur *eine* Geschwindigkeits- und *eine* Richtungsangabe für jede Tiefe erhalten werden. Dass die Bewegungen des Schiffes nicht gemessen wurden, machte den Uebelstand um so fühlbarer.

Durch die Konstruktion des neuen unten beschriebenen Apparats sollten diese Uebel beseitigt werden. Darum wurde für den Strommesser eine Form erstrebt, die eine fortlaufende Beobachtungsreihe ermöglichte, und die es gestattete, den Apparat ohne jegliches Aufholen successiv in die verschiedenen Tiefen zu senken.

Der Apparat

Der Apparat besteht aus dem an einem bifilar aufgehängten 3 m langen Rahmen befestigten Strommesser und dem an Bord des arbeitenden Dampfers befindlichen Registrierungsapparate. Die Registrierung geschieht elektrisch. Von dem Registrierungsapparate führt ein Kabel aus 10 Leitungsdrähten zum Strommesser hinunter. Auf jeden zehnten Schlag des Stromflügels erfolgt die Schliessung eines galvanischen Stromkreises, und je nach der Richtung, in welche die Stromfahne vom Strome eingestellt wird, werden verschiedene andere zum Registrierungsapparate führende Leitungsbahnen geschlossen.

Der Strommesser ist mittels der mit Klemmen versehenen Griffe *X* und *Y* am Rahmen befestigt. Ausser diesen Griffen sind die sie verbindende Vertikalachse und die an der letzteren befestigte Ebonitplatte *P* unbeweglich im Verhältnis zum Rahmen; alle die übrigen Teile sind mittels 2 Kugelgelenke um die Achse beweglich.

Der achtblätterige Propeller hat an der Achse eine Schraube ohne Ende, welche in das Zahnrad *H* greift. Bei jedem zehnten Schlag gerät einer der kleinen Zapfen des Rades mit dem Kontakte *K* in Berührung und schliesst dadurch die Schlagzählerleitung. Die gemeinsame Zufuhrleitung, die an die Klemme *Z* gekoppelt ist, steht mit dem Rade *H* durch die Vertikalachse und das Propellerhaus in unmittelbarer Verbindung.

Von dem Kontakte *K* geht die Leitung, die während der Arbeit geschlossen bleiben muss, durch die von Ebonit umgebenen isolierten Stücke *S* in das cylinderringformige mit Quecksilber gefüllte Ebonitgefäss *B* und weiter durch den ins Quecksilber hineinragenden Stab *St* zur Klemme *G* und schliesslich zum Schlagzählerwerke.

Am unteren Rande der Ebonitplatte *P* sind 8 voneinander isolierte, einen Zirkel bildende Metallstücke befestigt, von denen ein jedes mittels einer Klemme mit einem Rückleitungsdrahte in Verbindung steht. An dem beweglichen Teil des Strommessers ist der Wagen *W* so befestigt, dass er sich bei einer Drehung des Strommessers längs dem von den 8 Metallstücken gebildeten Zirkelring bewegt. Der Wagen steht in unmittelbarer metallischer Verbindung mit der Klemme *Z*, also mit der Zufuhrleitung. Je nach der Lage des Strommessers wird der Wagen gegen bestimmte Metallstücke ruhen und werden bestimmte Leitungsbahnen zwischen dem Strommesser und dem Registrierungsapparate geschlossen.

Der Wagen hat zwei Räder, deren Tangierungspunkte mit den Metallstücken $^1/_{16}$ des erwähnten Zirkels ausmachen [1]). Solange die Mitte des Wagens sich innerhalb der zwei mittleren Viertel des $^1/_8$ der Peripherie umfassenden Metallstückes befindet, berührt der Wagen nur dieses Stück; gleitet aber die Mitte auf eins der äusseren Viertel über, berührt jedes der Räder ein Metallstück und werden also zwei Leitungen geschlossen. So gibt der Apparat über 16 verschiedene Richtungen Auskunft, von denen jede einem Sektor von 22°5 entspricht.

Da durch die Bewegungen des Fahrzeuges der Winkel zwischen dessen Längenrichtung und dem Strom wechseln kann und die Angaben des Registrierungsapparats sich also je nachdem verändern, kann durch Schätzung noch grössere Genauigkeit erlangt werden.

Ausser den stählernen Kugeln in den Kugellagern, der in Stahl-

[1]) Das Vorbild dieser Einrichtung findet sich an einer auf der hiesigen Meteorologischen Centralanstalt aufgestellten von Herrn Direktor E. Biese konstruierten registrierenden Windfahne.

lagern beweglichen Propellerachse und der Stromfahne aus Aluminium sind sämtliche Teile des Strommessers aus Ebonit oder vernickeltem Messing. Von der c. 70 cm langen Stromfahne sind die letzten 20 cm gespalten mit einem Winkel von 20° zwischen den Flügeln. Das Gegengewicht *E* equilibriert den Strommesser.

In der unteren rechten Ecke der Zeichnung sieht man den Registrierungsapparat im Durchschnitt. Dessen wichtigste Teile sind der Cylinder *C*, der von einem Uhrwerke in konstante Rotation $2{\cdot}8\,^{mm}/_{sec}$ an der Peripherie gebracht wird, und über den das Registrierungspapier gleitet, und die Federn *F*, die durch Elektromagnete getrieben gegen dieses spielen. Jede Feder ist an einem um das Lager *Ax* beweglichen Arm befestigt, der durch die von der Schraube *O* justierten Feder vom Cylinder weggehalten wird. Wenn ein elektrischer Strom die Windungen der Elektromagneten *U* passiert, wird der untere aus weichem Eisen bestehende Teil des Armes gegen diese gezogen und die Registrierungsfeder wird zum Papiere geführt. Die erste Feder rechts steht mit ihrem besonderen Elemente in Verbindung und macht auf dem Papier äquidistante Zeichen, wenn der Kontakt *J* die kleinen Zapfen des Cylinders *C* berührt. Zum Elektromagneten der folgenden Feder ist die Schlagzählerleitung geführt und zu den übrigen der Reihe nach die Leitungen von den Richtungskontaktstücken.

Das für den Strommesser bestellte Kabel misst 9 mm im Diameter und enthält 10 Leitungsdrähte. Der verspäteten Lieferung zufolge musste aber bei der Augustexpedition ein provisorisches aus 10 gewöhnlichen, gegen Feuchtigkeit isolierten Leitungsdrähten gemachtes Kabel mit einem Diameter von 1·5 cm benutzt werden. Das Kabel war dicht am Strommesser befestigt. Die Winde, an welcher das Kabel aufgerollt wird, ist am einen Ende ihrer Achse mit 10 voneinander durch zwischenliegende Ebonitringe isolierten Messingringen versehen. Zu diesen 10 Ringen sind die verschiedenen Drähte des Kabels durch die Achse geleitet worden, und von den gegen die Ringe friktierenden Gleitfedern ist die Leitung fortgesetzt.

Der Propeller, der keine Arretierungseinrichtung hat, ist nebst dem Kontakte *K* und dem Rade *H* am Rahmen *R* befestigt. Dieser, zwischen zwei Schienen in den Strommesser eingeschoben, kann, nachdem die Schraube *J* losgemacht worden ist, herausgenommen werden und ist als der empfindlichste Teil des Apparats mit grösster Vorsicht zu verwahren.

Der Strommesser und der Registrierungsapparat sind bei dem Statsmechaniker V. Falck-Rasmussen in Helsingfors verfertigt worden. Das Uhrwerk hat Richard, Paris, geliefert.

Etwaige Veränderungen

Bei der Augustexpedition 1905 wurde galvanischer Strom aus zwei Trockenelementen angewendet. Wie es ja auch zu erwarten war, trat Polarisation ein. Eine Reinigung nach jeder oder jeder zweiten Station zeigte sich als vollkommen genügend, um diese wenigstens bei Arbeit in Wasser von einem Salzgehalt bis 10 ‰ zu beseitigen[1]). Polarisation kann indessen durch Anwendung eines Wechselstromes vermieden werden.

Die Rubrizierung des Stromes in mehr als 16 Richtungen wird natürlich durch Vermehrung der Anzahl der Kontaktstücke und durch Vergrösserung des Registrierungsapparats ermöglicht. Eine andere Anordnung könnte die Anzahl der Richtungen zum dreifachen der Kontaktstücke an der Ebonitplatte vermehren. Für 8 Kontaktstücke wäre folgende Anordnung zu machen: 2 Wagen mit 15° oder $^1/_{24}$ der Zirkelperipherie zwischen den Tangierungspunkten der Räder mit den Kontakten gleiten, wie früher erwähnt worden ist, ihre Mitten in einer Entfernung von 120° voneinander, längs dem von den Kontaktstücken gebildeten Zirkel. Während der Strommesser sich einmal herumwendet, würden zum Beispiel folgende Kontaktstücke berührt werden und also die zugehörigen Federn zugleich schreiben, nämlich Nr. 8, 1, 3; 1, 3, 4; 1, 4; 1, 2, 4; 2, 4, 5 u. s. w. wobei jede Kombination dem Strome von einem bestimmten Sektor von 15° entspricht. Durch Schätzung kann noch grössere Genauigkeit erlangt werden.

Es ist zu beachten, dass beim Schlagzählerkontakte, während der Strom unterbrochen ist, die Entfernung zwischen seinen beiden Polen möglichst gross sei, auch sollten am liebsten diese Kontaktstücke aus Platina sein.

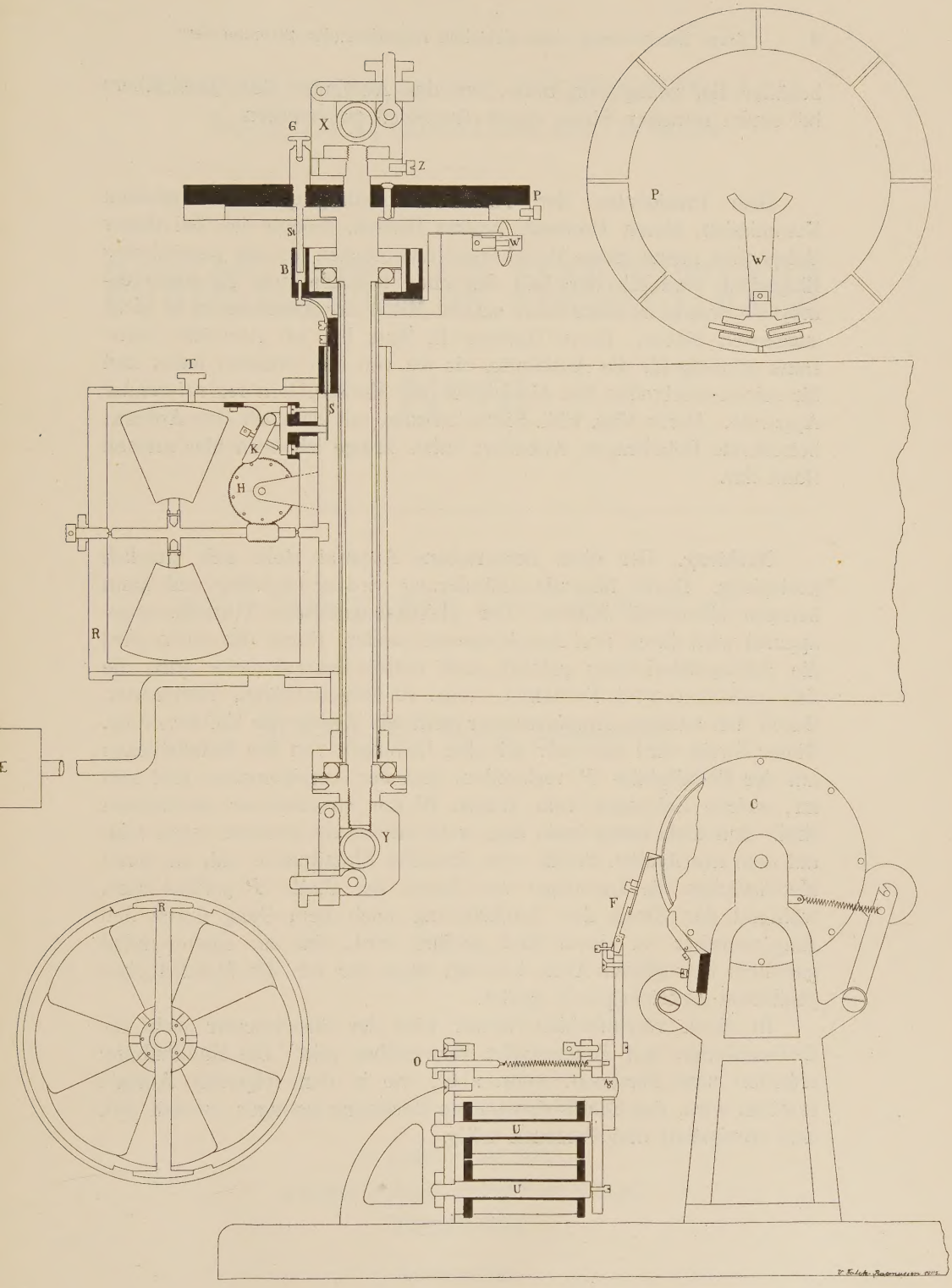
Eine von aussen schliessbare Zweigleitung zu der Leitungsbahn der ersten Feder ermöglicht es, auf dem Registrierungspapiere Zeichen zu machen, zum Beispiel für die Augenblicke, wo es versucht wird, die Lage des Schiffes im Verhältnis zu einem fixen Punkte zu bestimmen.

Eine Veränderung, die ohne Zweifel zur leichteren Handtierung des Apparats beitragen würde, wäre es, die zwei Aufhängungsdrähte durch zwei Kabel zu ersetzen, von denen jedes die halbe Anzahl der Leitungsbahnen enthält.

Es ist selbstverständlich, dass die Isolierung innerhalb des Apparats sehr sorgfältig sein muss.

Schliesslich ist vielleicht noch hinzuzufügen, dass der Quecksilber-

[1]) Das als Anode verwandte Rad *H* ist nunmehr mit einer dünnen Platinplatte am Kontaktorte versehen, wodurch die Wirkung der Polarisation bei der Novemberterminfahrt eine sehr kleine wurde. (Nachträgliche Bemerkung.)



Strommesser von Rolf J. Witting ($^1/_3$ nat. Grösse)

behälter tief genug sein muss, um das Ausrinnen des Quecksilbers bei einem etwaigen Stosse gegen das Schiff zu verhüten.

Dem Präsidenten der Finnischen Hydrographisch-Biologischen Kommission, Herrn Professor Anders Donner, möchte ich bei dieser Gelegenheit meine grosse Dankbarkeit aussprechen für sein persönliches Eingreifen, wodurch der Bau des oben beschriebenen Apparats ermöglicht wurde zu einer Zeit, als die Mittel der Kommission es nicht zugelassen hätten. Herrn Direktor E. Biese bin ich gleichfalls vielen Dank schuldig für die Auskünfte, die ich von ihm erhalten habe, und für seinen wertvollen Rat hinsichtlich der Konstruktion registrierender Apparate. Herrn Mag. Phil. Sigurd Stenius, mit dem ich den Apparat betreffende Detailfragen diskutiert habe, bringe ich auch hier meinen Dank dar.

Nachtrag. Der oben beschriebene Apparat stellt sich ziemlich kostspielig. Durch folgende Abänderung wird er einfacher und kann beinahe ebensoviel leisten. Der elektromagnetische Registrierungsapparat wird durch zwei Ampèremesser ersetzt. Durch den einen wird die Schlagzählerleitung geführt, und mittels Sekundometer wird die Zeit zwischen zwei Kontakten, resp. 10 Flügelschlägen, beobachtet. Durch den anderen Ampèremesser geht ein Zweig der Zufuhrleitung. Dieser Zweig wird successiv mit den Leitungen von den Metallstücken auf der Ebonitplatte P verbunden, und der Ampèremesser gibt also an, welche Leitungen vom Wagen W am Strommesser geschlossen sind. Am einfachsten kann dies wohl untersucht werden, wenn man auf dem arbeitenden Schiffe eine ähnliche Ebonitplatte hat, zu deren Metallstücken die Leitungen von denen der Platte P geführt sind, während der Zweig der Zufuhrleitung nach dem Gang durch den Ampèremesser zu einem Rad geführt wird, das an einem radial gestellten beweglichen Arme befestigt längs der von den Metallstücken gebildeten Zirkelperipherie gleitet.

In dieser vereinfachten Gestalt wird der Strommesser wohl für Beobachtungen auf Feuerschiffen verwendbar sein. Die Handhabung erfordert zwei Personen, wenn aber, wie in dem folgenden Aufsatz erwähnt wird, den Schiffsbewegungen Rechnung getragen werden soll, sind wenigstens drei Personen nötig.

CONSEIL PERMANENT INTERNATIONAL
POUR L'EXPLORATION DE LA MER

PUBLICATIONS DE CIRCONSTANCE

N° 31

ETLICHES UEBER STROMMESSUNG

VON

ROLF J. WITTING, HELSINGFORS

EN COMMISSION CHEZ
ANDR. FRED. HØST & FILS
COPENHAGUE

NOVEMBRE 1905

COPENHAGUE — IMPRIMERIE BIANCO LUNO

ETLICHES UEBER STROMMESSUNG

VON

ROLF J. WITTING

Der Ausführung genauer Strommessungen stehen kaum mehr irgend welche von der inneren Konstruktion der Apparate herrührende Hindernisse im Wege. An einem festen Gegenstande aufgehängt, geben die Strommesser auf mässigen Tiefen Angaben, deren Genauigkeit nur von der Sorgfalt abhängt, mit der Friktionskonstante und Schlagkoeffizient untersucht worden sind, sowie von der Sicherheit, mit der die Richtung der Wasserbewegungen überhaupt bestimmbar ist. Das Aufhängen des Strommessers an dem beweglichen Arbeitsschiffe ist der schwache Punkt der Methode. Da ja die Eigenbewegungen des Schiffes nicht zu verhindern sind — hier wird nur das Schwingen, nicht etwaiges Rollen oder Stampfen beachtet — wird es unsere nächste Aufgabe sein, diese zu messen. Eine solche Massregel zu treffen, ist unbedingt nötig, wenn wir nicht oft ganz illusorische Resultate erhalten wollen. Der „Schiffsstrom", der von der Bewegung des Schiffes erzeugte Strom, erreicht oft dieselbe Grössenordnung, wie der wirkliche Strom, und konstituiert somit in ungefähr gleicher Art wie dieser die observierten Zahlen. Die Genauigkeit, mit der wir die Angaben über den herrschenden Strom werden geben können, wird also im Allgemeinen ebenso gross oder geringer sein als die, mit welcher der weniger gut bestimmte der zwei Komponenten bekannt ist.

Um diese allgemeinen Erörterungen zu motivieren und den besprochenen Tatsachen eine etwas greifbarere Form zu geben, mag Folgendes angeführt werden.

Es gelten die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} s^2 &= f^2 + h^2 - 2fh\cos(FH) \\ \sin(HS) &= \frac{f}{s}\sin(FH) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots 1$$

wenn wir uns denken, dass sich das Schiff während eines Zeitabschnittes mit einer Geschwindigkeit von f cm/sec gegen den Azimut $F°$ (von N durch E, S und W gegen N zurückgerechnet) bewegt, was also einem Schiffsstrom von f cm/sec aus $F°$ entspricht, ferner dass der wirkliche Strom s cm/sec aus $S°$ ist und der observierte h cm/sec aus $H°$.

Die Gleichungen drücken den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Grössen aus und gestatten uns, den wirklichen Strom zu berechnen.

Eine Uebersicht über das gegenseitige Verhalten der Veränderungen der verschiedenen Quantitäten ergibt sich durch Differentierung. Wir differentieren, und zwar die erste der Gleichungen 1 und die Gleichung

$$h \sin (HS) = f \sin (SF) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

Ersetzen wir die Differentiale durch Veränderungen oder Fehler, besteht annähernd

$$\left.\begin{aligned} \triangle s = {} & \frac{h - f\cos(FH)}{s} \triangle h + \frac{f - h\cos(FH)}{s} \triangle f - \\ & - \frac{fh}{s} \sin(FH) \sin 1^\circ \triangle (FH) \\ \triangle S = {} & \frac{\sin(HS)}{h\cos(HS) + f\cos(FS)} \frac{\triangle h}{\sin 1^\circ} - \\ & - \frac{\sin(SF)}{h\cos(HS) + f\cos(FS)} \frac{\triangle f}{\sin 1^\circ} + \frac{h\cos(HS)}{h\cos(HS) + f\cos(FS)} \triangle H + \\ & + \frac{f\cos(FS)}{h\cos(HS) + f\cos(FS)} \triangle F \end{aligned}\right\} 3$$

Da aber:

$$\left.\begin{aligned} h - f\cos(FH) &= s\cos(HS) \\ f - h\cos(FH) &= s\cos(SF) \\ h\cos(HS) + f\cos(FS) &= s \\ h\sin(FH) &= s\sin(SF) \end{aligned}\right\} \ldots\ldots 4$$

erhalten wir die einfacheren

$$\left.\begin{aligned} \triangle s &= \cos(HS) \triangle h + \cos(SF) \triangle f + f\sin(SF) \sin 1^\circ \triangle (FH) \\ \triangle S &= \frac{\sin(HS)}{s \sin 1^\circ} \triangle h + \frac{\sin(SF)}{s \sin 1^\circ} \triangle f + \frac{h\cos(HS)}{s} \triangle H + \\ & + \frac{f\cos(SF)}{s} \triangle F \end{aligned}\right\} 5$$

Wenn wir s und f als konstant ansehen und untersuchen wollen, wann die Koeffizienten in den Gleichungen 2 ihre höchsten resp. niedrigsten Werte erreichen, finden wir, dass dies der Fall ist

für $s > f$ bei $(SF) = 0°; 90°; 180°; 270°$ und $(FH) = 90°; 270°$

für $s = f$ bei $(SF) = 0°; 90°; 180°; 270°$

und für $s < f$ bei $(SF) = 0°; 90°; 180°; 270°$ und $(HS) = 90°; 270°$.

Ohne uns bei der Form aufzuhalten, welche die Ausdrücke 2 in den verschiedenen Fällen erhalten würden, wollen wir für einzelne fixe Verhältnisse zwischen der Grösse des wirklichen Stroms und der des Schiffsstroms innerhalb jeder der drei Kategorieen untersuchen,

zwischen welchen Werten die Koeffizienten liegen würden. Wir wählen $s:f = 5:1$, $s:f = 1:1$ und $s:f = 1:2$, und erhalten als die Grenzen der Beträge, zwischen welchen die Koeffizienten in 5 schwanken werden, in

$$\triangle s = \ldots\ldots$$

für $\triangle h$	$\triangle f$	$\triangle (FH)$	bei $s:f$
0·98.... 1	0.... 1	0.... 0·0035 s	5:1
0.... 1	0.... 1	0.... 0·0175 s	1:1
0.... 1	0.... 1	0.... 0·0350 s	1:2

und in

$$\triangle S = \ldots\ldots$$

für $\triangle h$	$\triangle f$	$\triangle H$	$\triangle F$	bei $s:f$
0.... 11·4/s	0.... 57·2/s	0·8.... 1·2	0.... 0·2	5:1
0.... 57·2/s	0.... 57·2/s	0.... 2	0.... 1	1:1
0.... 57·2/s	0.... 57·2/s	0.... 3	0.... 2	1:2

Wir nehmen ein konkretes Beispiel. Der wirkliche Strom sei 10 $^{cm}/_{sec}$. (FH) sei mit einem Fehler von 20° behaftet. Dieser Fehler wirkt in den hier erwähnten Fällen auf s mit höchstens 0·7, 3·5 resp. 7 $^{cm}/_{sec}$. Ein Fehler um 10° in H wirkt wieder auf S mit höchstens resp. 12°, 20° und 30°, einer um 15° in F mit höchstens 3°, 15° oder 30°. Einem Fehler von 1 $^{cm}/_{sec}$ in f kann bei schwachem Strome um zum Beispiel 5 $^{cm}/_{sec}$ einer um 12° in S entsprechen.

Oder mehr im Allgemeinen gesprochen, wenn wir uns auch die Gleichungen 5 erinnern: Veränderungen oder Fehler in den Bestimmungen der Geschwindigkeit der Schiffsbewegung oder der observierten Stromgeschwindigkeiten wirken auf den Wert der gesuchten Stromgeschwindigkeit höchstens mit ihrem ganzen Belaufe, auf den Wert der Stromrichtung mit einem bei abnehmendem Strome zunehmenden Wert. Fehler in der observierten Stromrichtung oder in der gemessenen Richtung der Schiffsbewegungen wirken auf die gesuchte Stromgeschwindigkeit höchstens proportional mit der Geschwindigkeit des Schiffes. Wenn das Schiff nicht unbeweglich ist, wirkt ein Fehler in der observierten Stromrichtung auf die gesuchte im Maximum mit einem Belauf grösser als der Fehler selbst. Dieser Belauf wächst bei zunehmender Geschwindigkeit der Schiffsbewegung. In gleicher Weise wächst auch die Maximaleinwirkung eines Fehlers in der gefundenen Richtung des Schiffsstromes auf die gesuchte Stromrichtung ein; diese Wirkung erreicht aber, wenn $s > f$ ist, nicht den Wert dies Fehlers.

Die Einwirkung der Fehler bei den observierten Quantitäten ist anderseits in gewissen Fällen (ausser für $\triangle h$ in $\triangle s$ und $\triangle H$ in $\triangle S$ wenn $s > f$) sehr gering, auch kann, wenn h, H, f und F bekannt sind, die Einwirkung eines wahrscheinlichen Fehlers in diesen auf s und S in jedem einzelnen Falle berechnet werden.

Der Schluss, den wir ziehen können, ist daher nicht, dass Strommessungen nur bei kleinen Schiffsbewegungen, oder, was oft dasselbe bedeutet, bei grossem Werte der Stromstärke, nicht illusorisch sind, sondern, dass ein Strommessungsmaterial, obwohl den Schiffsbewegungen Rechnung getragen wird, nicht homogen gemacht werden kann. Es werden nämlich genaue und ungenaue Angaben durcheinander einlaufen. Aber für jede einzelne Zahl kann im gegebenen Fall mit nicht allzu grosser Mühe die Genauigkeit diskutiert, zum Beispiel die Grösse eines wahrscheinlichen Fehlers bestimmt werden, und ist die Anwendbarkeit eines so behandelten Materiales unbestreitbar.

Eine Methode zur Bestimmung der Schiffsbewegungen

Auf den finnischen Terminfahrten im Mai und August 1905 habe ich versucht, die Bewegungen des Schiffes auf folgende Weise zu bestimmen. Am Anker, mit dem das Schiff verankert ist, oder zuweilen an einem kleineren Anker wird eine Boje mit möglichst knapper Leine befestigt. Die Gefahr, dass die Leine zu lang oder zu kurz werde, wodurch wieder die Boje hinuntergezogen und vom Wasser zusammen gepresst werden würde, ist in der Regel dadurch zu vermeiden, dass an der Leine eine Marke gemacht wird, sobald der Anker den Boden erreicht hat, und nach geringer Lichtung des Ankers die Boje dann an der Leine befestigt und auf einmal, um Dreggen zu vermeiden, genügend Kette ausgegeben wird. Von der Boje führt zum Schiffe eine dünne Leine, die über ein Meterrad läuft. Gewöhnlich hängt diese Leine schlaff, wird aber auf gegebenes Signal eingeholt, bis in einem leicht bestimmbaren Momente ihre Spanumg plötzlich wächst. Nun wird das Meterrad abgelesen und die Richtung, in welcher Schiff und Boje liegen, am Kompasse bestimmt.

Die Schiffsbewegungen

Die Schiffsbewegungen, so wie sie diese Methode ergibt, verlaufen wie Pendelschwingungen, die von einigen Minuten bis zu einer halben Stunde dauern. Dabei verändert sich die Entfernung zwischen Schiff und Boje äusserst wenig, nur mit einigen Prozenten. Während die Schwingungen um die Boje sich ziemlich regelmässig und langsam abspielen bis c. 10° von der Mittellage, stellt sich die Längenachse des Schiffes viel rascher in verschiedene Richtungen, und sind dabei öfters die resultierenden Bewegungen, wie auch aus den aufeinander folgenden Geschwindigkeits- und Richtungsangaben für den beobachteten Strom zu schliessen ist, ziemlich ruhig. Solche Pendelschwingungen dürfen wohl auch die der Grösse sowie der Richtung nach beinahe konstanten Faktoren Wind, Wellen und Strom hervorrufen.

Die Bearbeitung der Beobachtungen

Die Richtung und Länge der während der Observationszeit zurückgelegten Strecke sind aus diesen Längenmessungen und Peilungen hergeleitet. Dabei werden vorläufig nicht die Verschiebung der Boje und die Krümmung der Leine berücksichtigt (sie wirken übrigens einander entgegen). Die Geschwindigkeit des Schiffsstromes wird durch Division der Strecke durch die Observationszeit ermittelt, was ja zulässig ist, da die Schiffsschwingungen in der Regel beträchtlich viel längere Zeit als die Observation dauern.

Zwischen den Richtungen R_1 und R_2 und den Entfernungen r_1 und r_2 zwischen Strommesser und Boje — dass die Peilungen und Messungen nicht vom Strommesser aus gemacht werden, fordert bei trigonometrischer Behandlung des Materials einige Ueberführungsrechnungen — und der Verschiebung des Schiffes während der Observationszeit t bestehen ähnliche Gleichungen wie 1 und 2. Von diesen erhalten wir aber die mit den Gleichungen 5 ähnlichen

$$\left.\begin{aligned} \triangle (ft) &= \cos (R_1 F) \triangle r_1 + \cos (F R_2) \triangle r_2 + \\ &\quad + r_2 \sin (F R_2) \sin 1^\circ \triangle (R_2 R_1) \\ \triangle (F) &= \frac{\sin (R_1 F)}{f \sin 1^\circ} \triangle r_1 - \frac{\sin (F R_2)}{f \sin 1^\circ} \triangle r_2 + \frac{r_1 \cos (R_1 F)}{f} \triangle R_1 + \\ &\quad + \frac{r_2 \cos (F R_2)}{f} \triangle R_2 \end{aligned}\right\} \quad 6$$

Ein wahrscheinlicher Fehler in ft und F wird demgemäss, wenn noch die mit der hier erforderlichen Approximierung zulässige Ersetzung von r_1, r_2, R_1 und R_2 durch die Mittelwerte m und M gemacht wird, auf folgende Weise von den wahrscheinlichen Fehlern in r und R konstituiert. (Wahrscheinlicher Fehler mit ω ( ) bezeichnet).

$$\left.\begin{aligned} \omega (ft) &= \sqrt{2 \cos^2 (MF)\, \omega (r)^2 + 2 m^2 \sin^2 (FM) \sin^2 1^\circ\, \omega (R)^2} \\ \omega (F) &= \sqrt{\frac{2 \sin^2 (MF)}{f^2 \sin^2 1^\circ} \omega (r)^2 + \frac{2 m^2 \cos^2 (MF)}{f^2} \omega (R)^2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots 7$$

Diese können aber, wenn $\omega (r)$ und $m \sin 1^\circ\, \omega (R)$ nahezu gleich sind, oder wenn (MF) nahezu 90° ist, was ja oft der Fall ist, von noch einfacheren ersetzt werden, nämlich

$$\left.\begin{aligned} \omega (ft) &= \sqrt{2}\, m \sin 1^\circ\, \omega (R) \\ \omega (F) &= \frac{\sqrt{2}}{f \sin 1^\circ} \omega (r) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots 8$$

Aus den Gleichungen 5 ergeben sich für die wahrscheinlichen Fehler in s und S aber

$$\left.\begin{aligned}\omega(s) &= \sqrt{\cos^2(HS)\,\omega(h)^2 + \cos^2(SF)\,\omega(f)^2 + f^2\sin^2(SF)\sin^2 1^\circ\,\omega(FH)^2}\\ \omega(S) &= \sqrt{\frac{\sin^2(HS)}{s^2\sin^2 1^\circ}\omega(h)^2 + \frac{\sin^2(SF)}{s^2\sin^2 1^\circ}\omega(f)^2 + \frac{h^2\cos^2(HS)}{s^2}\omega(H)^2 + \frac{f^2\cos^2(SF)}{s^2}\omega(F)^2}\end{aligned}\right\} 9$$

In diesen Formeln kann in den meisten Fällen der erste verhältnismässig kleine Term unberücksichtigt bleiben, und es trägt auch oft zur Vereinfachung bei, dass in Allgemeinen in der ersten Gleichung dem dritten oder seltener dem zweiten der entscheidende Betrag zukommt, und dass in der zweiten Gleichung der dritte, der zweite oder der vierte auch oft von höherem Belauf ist.

Die Bearbeitung der auf diese Art gemachten Stromobservationen scheint sehr zeitraubend zu werden und würde es auch in hohem Grade bei einer trigonometrisch vorgenommenen Rechnung sein, da die Peilungen, die Messung der Entfernung zwischen Schiff und Boje und die Strommessung in der Regel von verschiedenen Teilen des Schiffes aus gemacht werden. Wenn aber eine graphische Methode angewendet wird, wird die Arbeit ungemein vereinfacht, und zwar wenn man mit einem Zirkel und einem Transporteur in der Skala 1:200 arbeitet. Auf dem Transporteur sei ein Bild des Schiffes so gezeichnet, dass die Längenachse längs der Base, der Kompass im Centrum und die Plätze, von welchen aus die Distanzen und der Strom gemessen wurden, auf zwei eingezeichnete Punkte fallen; dieses bezüglich der Berechnung von f und F. Die Werte von s und S sind auch am einfachsten auf graphischem Wege zu erlangen. Bei der Herleitung der wahrscheinlichen Fehler können einzelne Ausdrücke tabelliert werden. Auch erleichtern die angeführten oft zulässigen Vereinfachungen die Rechnung.

Es können auch anstatt der Berechnung der wahrscheinlichen Fehler einfachere Angaben über die Genauigkeit der Strommessungen verwendet werden. Wenn für einige Beobachtungsreihen oder für gewisse Fälle mit fixierten Werten auf $s:f$ die wahrscheinlichen Fehler diskutiert und hergeleitet sind, können mit beträchtlich geringerer Mühe mittels Vergleichung und Schätzung für die meisten übrigen Beobachtungen obere Grenzen der wahrscheinlichen Fehler bestimmt werden. Durch den erhaltenen Stromzahlen beigefügte Zeichen, zum Beispiel *a, b, c* u. s. w., kann dann angedeutet werden, dass die Richtungsangaben wahrscheinliche Fehler $< 10°$, $< 15°$, $< 20°$ u. s. w. die Geschwindigkeitsangaben solche $< 0{\cdot}5$, $< 1{\cdot}0$, $< 1{\cdot}5$ $^{cm}/_{sec}$ u. s. w. oder $< 5\,\%$, $< 10\,\%$, $< 15\,\%$ u. s. w. besitzen. Auch kann ja durch Ausschalten der ungenaueren Angaben eine gewisse Homogeneität erzielt werden.

Beispiele

Hier mögen als Beispiel die vorläufig hergeleiteten Resultate der Strommessung an zwei Stationen, sowie sie sich bei Anwendung dieser Methode ergeben, angeführt werden. An der ersten Station, wo der Strommesser sich c. 65 m von der Boje befand und der Abstand vom Schiffe zur Boje c. 40 m war, ist den Abstandsmessungen, oder richtiger jeder Messung bei Bildung der Differenzen zwischen den Abständen, ein wahrscheinlicher Fehler von 0·5 m zugeschrieben, an der zweiten waren die Abstände c. 165 und 140m und ist der wahrscheinliche Fehler auf 1 m geschätzt [1]). Der wahrscheinliche Fehler einer Peilung ist als 0°·5 angesetzt, in der Differenz zwischen zwei Peilungen also 0°·7, und zuletzt sind dem beobachteten Strome wahrscheinliche Fehler von 0·2 $^{cm}/_{sec}$ und 10° zugeteilt.

Station F 12 64° 13′ N Br. 22° 6′ Oe Länge, 10. VIII, 1905

Tiefe in cm	Schiffsstrom		Beobachteter Strom		Berechneteter Strom	
	Richtung	Geschw. in cm/sec	Richtung	Geschw. in cm/sec	Richtung	Geschw. in cm/sec
0	330° ± 41°	1·1 ± 0·3	100° ± 10°	19·5 ± 0·2	100° ± 10°	21 ± 0·7
10	350° ± 5°	3·8 ± 0·4	80° ± 10°	8·3 ± 0·2	105° ± 9°	9 ± 0·7
20	—	0 ± 0·2	220° ± 10°	4.3 ± 0·2	220° ± 11°	4 ± 0·4
30	350° ± 6°	3·5 ± 0·4	230° ± 10°	6·1 ± 0·2	210° ± 7°	9 ± 0·6
40	355° ± 20°	2·2 ± 0·3	230° ± 10°	4·1 ± 0·2	210° ± 10°	5 ± 0·6
50	335° ± 20°	2·0 ± 0·8	240° ± 10°	8·7 ± 0·2	225° ± 11°	9 ± 0·8
60	5° ± 6°	7·0 ± 0 8	275° ± 10°	11·4 ± 0·2	245° ± 8°	14 ± 1·3
70	200° ± 10°	3·6 ± 0·8	260° ± 10°	10·5 ± 0·2	280° ± 12°	9 ± 0·9
80	0° ± 7°	5·7 ± 0·9	250° ± 10°	11·6 ± 0·2	230° ± 8°	16 ± 1·1
90	185° ± 20°	2·7 ± 0·3	290° ± 10°	7·1 ± 0·2	310° ± 9°	7 ± 0·8

Station F 26 61° 54′ N Br. 20° 4′ Oe Länge, 12. VIII, 1905

0	130° ± 12°	6·6 ± 1·7	320° ± 10°	4·2 ± 0·2	315° ± 8°	11 ± 1·7
10	325° ± 6°	12·8 ± 1·5	335° ± 10°	13·0 ± 0·2	55° ± 51°	2 ± 2·6
20	330° ± 13°	6·1 ± 1·1	35° ± 10°	10·0 ± 0·2	70° ± 11°	9 ± 1·8
30	160° ± 5°	15·0 ± 1·7	35° ± 10°	14·4 ± 0.2	5° ± 6°	26 ± 2·0
40	330° ± 8°	10·8 ± 1·4	340° ± 10°	10·6 ± 0·2	70° ± 47°	2 ± 2·3
50	150° ± 7°	11·2 ± 0·9	190° ± 10°	5·4 ± 0·2	305° ± 10°	8 ± 1·3
60	345° ± 11°	7 6 ± 1·0	105° ± 10°	9·3 ± 0·2	130° ± 8°	15 ± 1·4
70	320° ± 8°	10·8 ± 0·8	20° ± 10°	5·1 ± 0·2	115° ± 8°	9 ± 1·3
80	125° ± 14°	5·8 ± 1·5	80° ± 10°	9·7 ± 0·2	45° ± 16°	8 ± 1·7
90	145° ± 15°	5·3 ± 1·0	100° ± 10°	7·6 ± 0·2	55° ± 15°	5 ± 1·7

[1]) Die Genauigkeit der Abstandsmessung bin ich eben im Begriff zu untersuchen. Die hier angenommenen Zahlen sind nach einer Schätzung, die auf der Genauigkeit beruht, mit welcher der Punkt der rasch wachsenden Spannung auf der Leine fixiert werden konnte, genügend gross gewählt.

Diese Beispiele sind ziemlich typisch. An der ersten Station ist das Verhältnis $s:f$ ziemlich gross, und die wahrscheinlichen Fehler in den Geschwindigkeitsangaben sind im Allgemeinen ein wenig kleiner als 1 $^{cm}/_{sec}$, in den Richtungsangaben schwanken sie um 10°. (Hier war ja auch der wahrscheinliche Fehler einer Abstandsmessung auf 0·5 m geschätzt.) An der zweiten, welche Fälle mit $s:f$ gleich oder kleiner als die Einheit gibt, betragen die Werte der wahrscheinlichen Fehler 1·3 bis 2·0 $^{cm}/_{sec}$ und 6° bis 16°, wenn für die Beobachtungen auf 10 und 40 m nur die Bemerkung „Strom schwach" zitiert wird. Mögen auch die künftigen Untersuchungen eine vielleicht etwas grössere Unsicherheit in der Abstandsbestimmung ergeben als die hier angenommene, so weit wird sich der wahrscheinliche Fehler in den Resultaten doch nicht steigern, dass die Strommessungen nicht im Allgemeinen brauchbar bleiben — natürlicherweise aber nicht bei Berechnungen nach dem Bjerknes'schen Satze.[1])

Verbesserung der Methode

Durch Verbesserung des angewandten Instruments wird die Methode schärfer. Zur Längenmessung würde sich ein Klavierdraht oder eine aus einigen feinen Drähten hergestellte Wire besser eignen, da dadurch dem Winde und den Wellen eine beträchtlich kleinere Angriffsfläche dargeboten würde. Die Einstellung bei der Messung könnte vielleicht durch Verwendung eines Dynamometers verschärft werden, und für die Ausführung der Peilungen wäre ein am Kompasse angebrachter Diopter wünschenswert. In diesem Sinne werden auch Veränderungen bei der künftigen Arbeit gemacht werden.

Eine andere Methode

Durch die Anwendung von zwei Bojen könnte man der Abstandsmessung überhoben werden. Die Bojen, die mittels einer Leine von bestimmter Länge miteinander verbunden sein müssten, könnten so ausgelegt werden, dass die Ankertaue sie voneinander ziehen. Die Richtung der verbindenden Leine würde beim Auslegen der Bojen durch Peilung bestimmt werden. Durch Peilung der Bojen würde man dann die Lage des Schiffes erhalten. Ein Fehler in der Entfernung zwischen den Bojen wirkt ungefähr mit seinem Belaufe auf den erhaltenen Wert der Entfernung zwischen Schiff und Boje. Einem Fehler um 1° in den Peilungen entspräche einer um ungefähr 1 m bei einer Entfernung von c. 100 m zwischen den Bojen. Die

[1]) Später vorgenommene gleichzeitige Bestimmungen der Schiffsbewegungen mittels dieser und der unten beschriebenen Methode zeigen, dass die hier angenommenen wahrscheinlichen Fehler nicht zu klein gewählt worden sind. (Nachträgliche Bemerkung.)

Genauigkeit dieser Methode wäre also der früher beschriebenen ziemlich gleichwertig. Aber bei dieser Methode wäre die Arbeit viel lästiger mit dem beinahe notwendigen Aussetzen von Böten für die Verankerung und Wegnahme der Bojen. Doch werden nach dieser Methode die Schiffsbewegungen wahrscheinlich besser bestimmt, wenn die Entfernung vom Schiffe zum Anker gross ist, und es dürfte wohl zu Gunsten der Methode notiert werden, dass dabei auch eine Kontrolle über das Festsitzen des Ankers erhalten wird.

Dass die Bestimmung der Schiffsbewegungen sowie die Strommessung überhaupt nur bei verhältnissmässig ruhigem Wetter vorzunehmen ist, braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden.

N° 12. Catalogue des poissons du nord de l'Europe, avec les noms vulgaires dont on se sert dans les langues de cette région. 76 p. Juin 1904. Kr. 1.

N° 13A&B. Die Ostsee-Fischerei in ihrer jetzigen Lage. (Erster und zweiter Teil).

I. Uebersicht über die Seefischerei in den dänischen Gewässern innerhalb Skagens. Im Auftrag von Dr. C. G. Joh. Petersen bearbeitet von Andreas Otterström.

II. Uebersicht über die Seefischerei Schwedens an den süd- und östlichen Küsten dieses Landes. Bearbeitet von Dr. Filip Trybom und Alf Wollebæk.

III. Uebersicht über die Seefischerei Deutschlands in den Gewässern der Ostsee. Im Auftrage des Deutschen Seefischerei-Vereins (Hannover) unter Mitwirkung von Prof. Dr. Hermann Henking bearbeitet von Dr. Erich Fischer.

Zusammen 140 S. 12 Taf. 6 Fig. 1904—05. Kr. 3.

N° 14. E. van Everdingen und C. H. Wind, Oberflächentemperaturmessungen in der Nordsee. Vorläufige Mitteilung. Juli 1904. 10 S. 1 T. Kr. 1.

N° 15. Sigurd Stenius, Ein Versuch zur Untersuchung der hydrographischen Veränderungen in der nördlichen Ostsee sowie im finnischen und im bottnischen Meerbusen. Vorläufige Mitteilung. 7 S. 5 T.

N° 16. — — Graphische Berechnung von σ_t aus t und σ_0. 1 S.

N° 17. A. J. Robertson, Scottish hydrographic Research during 1903. 6 p.

N° 18. J. W. Sandström, Einfluss des Windes auf die Dichte und die Bewegung des Meereswassers. 6 S.

N° 19. B. Helland-Hansen, Zur Ozeanographie des Nordmeeres. Resumé eines am 22. Juli gehaltenen Vortrags. Mit 8 S. 3 Fig.

N° 20. E. Ruppin, Ueber die Oxydierbarkeit des Meerwassers durch Kaliumpermanganat. 9 S.

N° 15—20. Ensemble 37 p. 5 pl. et 3 fig. Oktober 1904. Kr. 1,50.

N° 21. Charles J. J. Fox, On the Determination of the Atmospheric Gases Dissolved in Sea-Water. (Communications du Laboratoire central à Christiania N° 1.) 24 p. 1 pl. 4 Fig. March 1905. Kr. 1.

N° 22. D. Damas, Notes biologiques sur les Copépodes de la mer norvégienne. 24 p. 1 carte. Avril 1905. Kr. 1.

N° 23. V. Walfrid Ekman, On the use of insulated Water-Bottles and Reversing Thermometers. (Communications du Laboratoire central à Christiania N° 2.) 28 p. 2 pl. 8 fig. April 1905. Kr. 1.

N° 24. V. Walfrid Ekman, Kurze Beschreibung eines Propell-Strommessers. (Communications du Laboratoire central à Christiania N° 3.) 4 S. 1 T.

N° 25. O. Pettersson, Beschreibung des Bifilar-Strommessers. 6 S. 1 T.

N° 26. A. M. van Rosendaal und C. H. Wind, Prüfung von Strommessern und Strommessungsversuche in der Nordsee. 10 S. 2 Taf.

N° 24—26. Zusammen 20 S. 4 Taf. Juli 1905. Kr. 1.50.

N° 27. V. Walfrid Ekman, An Apparatus for the Collection of Bottom-Samples. (Communications du Laboratoire central à Christiania N° 4.) 6 p. 5 fig. August 1905. Kr. 0.50.

N° 28. Bericht über die Anstalten zur Vermehrung des Lachses und der Meerforellen in den Flüssen der Ostsee. Im Auftrage der Kommission C 1, unter Mitwirkung von Prof. Dr. O. von Grimm (Russland), von dem deutschen Seefischerei-Verein (General-Sekretär Prof. Dr. H. Henking) (Deutschland) und von Fischereikonsulent Chr. Levinsen (Dänemark), bearbeitet von dem Geschäftsführer Dr. Fil. Trybom. 34 S. November 1905. Kr. 0.75.

N° 29. L. H. Gough, On the Distribution and the Migrations of *Muggiaea atlantica*, Cunningham, in the English Channel, the Irish Sea, and off the South and West Coasts of Ireland, in 1904. 13 p. 3 charts. 2 fig. November 1905. Kr. 1.

COPENHAGUE - IMPRIMERIE BIANCO LUNO